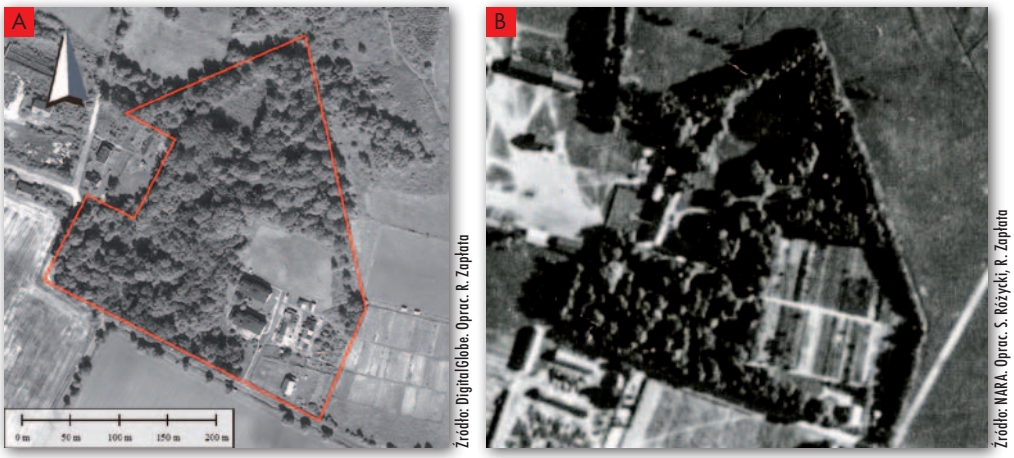
Niestandardowe rozpoznawanie i inwentaryzowanie dziedzictwa kulturowego

Chmura punktów, NMPT i... czwarty wymiar

Tym razem proponujemy krótką analizę nieomawianego wcześniej potencjału informacyjnego danych z lotniczego skanowania laserowego (ALS) w badaniach dziedzictwa kulturowego. Mowa tu o numerycznym modelu pokrycia terenu oraz wizualizacji intensywności odbicia wiązki lasera, które są elementami wspierającymi interpretację i inwentaryzację dziedzictwa kulturowego.



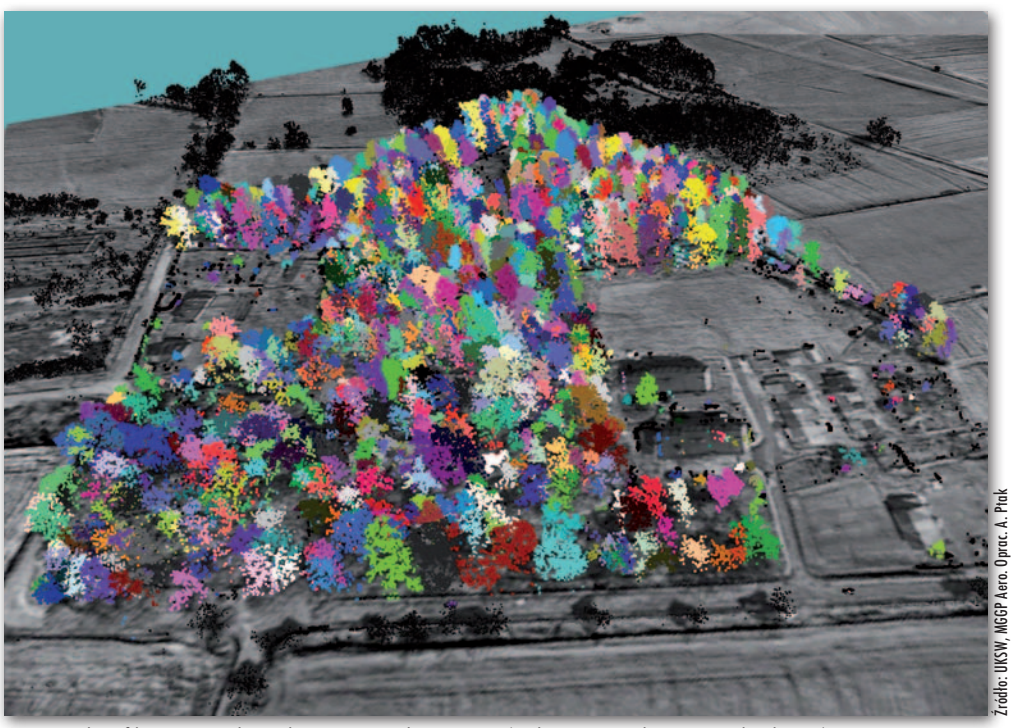
Rys. 1. Fragment współczesnego zobrazowania satelitarnego (2011 r.) pozostałości po historycznym założeniu parkowym z XVIII w. w Pakosławiu (A). Fragment archiwalnego zdjęcia lotniczego (1945 r.) z parkiem oraz towarzyszącymi zabudowaniami i układem przestrzennym (B)

Historyczne założenie parkowe w Pakosławiu

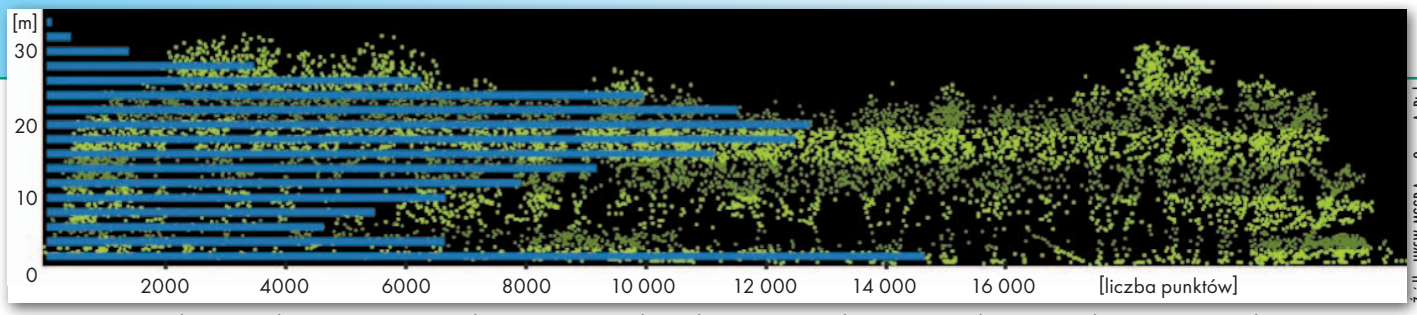
Każde z zabytkowych założeń zieleni wymaga inwentaryzacji, a zarazem rozpoznawania i ciągłego monitorowania stanu zachowania. Pomocne w tym zakresie są pomiary i dane ALS, które w wyniku przetwarzania dostarczają informacji na temat drzewostanu czy skupisk oraz poszczególnych partii roślin w danym zespole.

Za przykład może posłużyć historyczne założenie parkowe w Pakosławiu z XVIII w. (rys. 1), które obecnie, niestety, zachowane jest w formie nieuporządkowanej i zaniedbanej. Analiza danych ze skaningu laserowego pozwala na nieinwazyjne rozpoznanie pojedynczych drzew tego założenia (rys. 2), jak również wstępne określenie struktury tworzącej go roślinności, poszczególnych jego partii (rys. 3) czy gęstości. Dane ALS dają również możliwość pomiaru wysokości drzew, średnicy ich koron oraz przyrostu (rys. 3).

Oprócz rozpoznania obiektów zieleni w parkach, LiDAR świetnie nadaje się do inwentaryzacji roślinności w zabytkowych ogrodach czy w obrębie działań rewitalizacyjnych historycznych fortów (np. Kraków, Poznań).



Rys. 2. Klasyfikacja i analiza obecnego zadrzewienia (założenie parkowe w Pakosławiu)

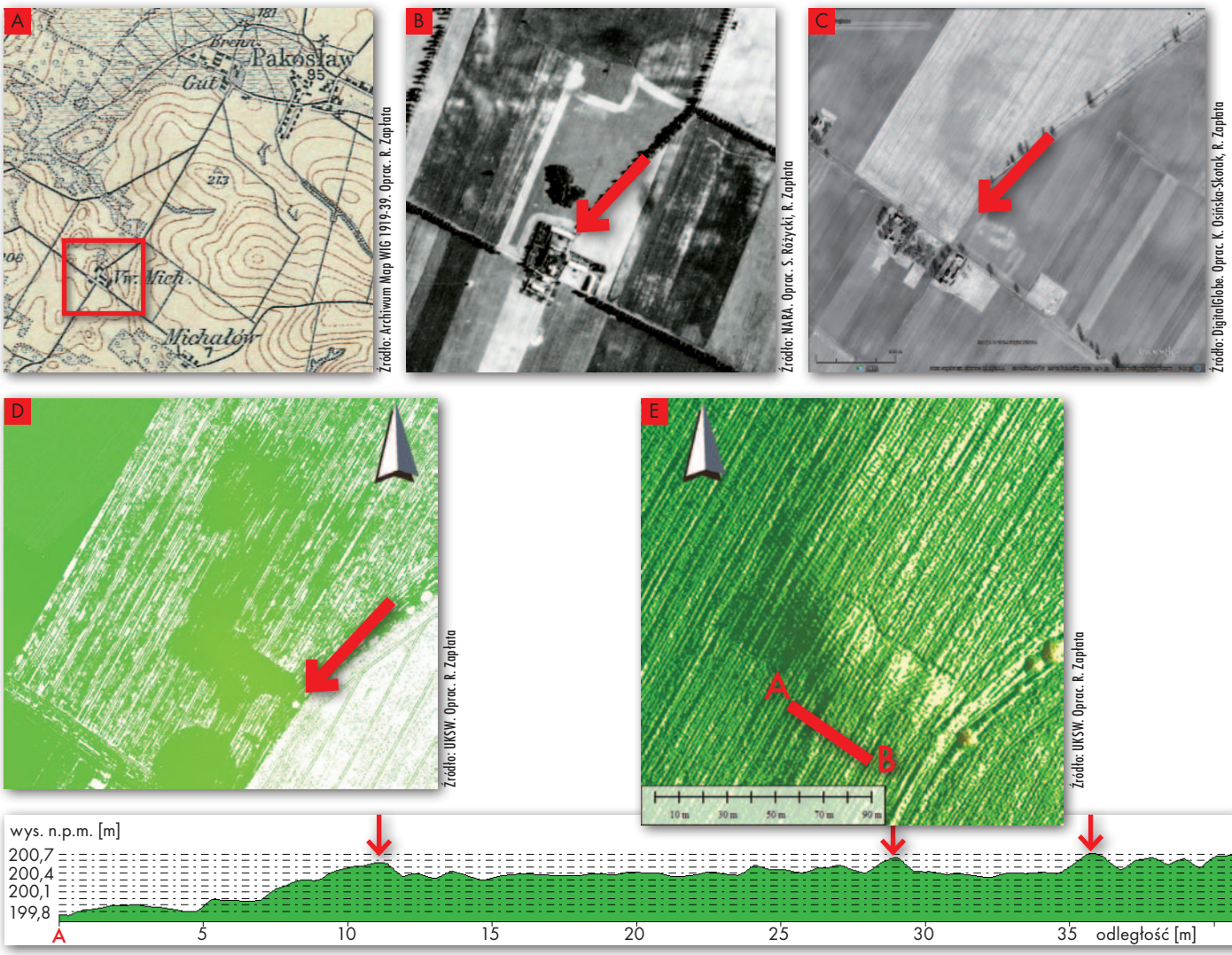


Rys. 3. Fragment chmury punktów z pomiarem zadrzewienia – wysoka roślinność oraz roślinność niższych partii z wykresem gęstości chmury punktów w przedziałach wysokości względnej (założenie parkowe w Pakosławiu)

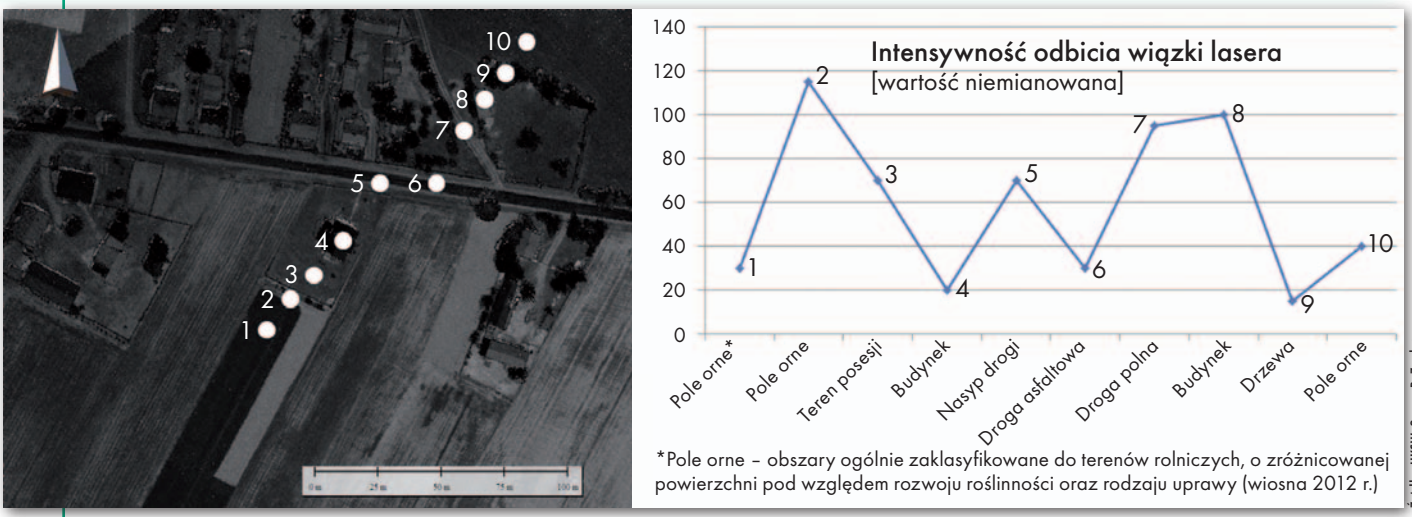
W tym przypadku oryginalny układ zadrzewienia uzupełnia kontekst historyczny otoczenia danego obiektu.

• Pozostałości historycznej zabudowy

W ramach licznych nalotów pomiarowych zdarza się, że zdjęcia lotnicze wykonywane są w innym terminie niż LiDAR (często dotyczy to danych z projektu ISOK) lub nie są wykonywane wcale, co niestety, nie sprzyja analizie i interpretacji geodanych, a tym samym wykrywaniu obiektów archeologicznych. Posiadając jedynie sklasyfikowane dane z pomiarów ALS, bez równoległych zdjęć lotniczych, zwłaszcza dla okresów związanych z wczesną fazą wegetacji na terenach rolniczych (roślinności uprawnej) możemy m.in. za pośrednictwem analiz rozmieszczenia i gęstości punktów pomiarowych na powierzchni terenu (klasa „grunt") wykonywać pośrednią analizę sytuacji, która jest pochodną zróżnicowanych warunków panujących na danym terenie. Zróżnicowanie to wynika m.in. z odmiennego podłoża, do czego przyczyniły się procesy naturalne (np. geologiczne) oraz procesy antropogeniczne z przeszłości (np. pozostałości fundamentów nieistniejących zabudowań). Dla nas szczególnie interesujący jest drugi przypadek, gdyż może być podstawą do rozpoznawania miejsc, w których z uwagi na słabszy (wyróżniki wegetacyjne negatywne) lub lepszy wzrost roślinności (wyróżniki wegetacyjne pozytywne) uzyskamy adekwatnie do sytuacji odmienną gęstość punktów w obrębie klasy „grunt", co ilustruje rys. 4D.



Rys. 4. Michałów, woj. mazowieckie. Fragment archiwalnej mapy z zaznaczonymi historycznymi zabudowaniami (A). Archiwalne zdjęcie lotnicze z I połowy XX w. z widoczną zabudową (B). Fragment zobrazowania satelitarnego z obecną sytuacją – brak budynków, jedynie pozostałości po zabudowie w postaci przebarwień glebowych (C). Wizualizacja zagęszczenia chmury punktów na poziomie gruntu (D). Wizualizacja NMPT oraz przekrój ukazujący zróżnicowanie wzrostu roślinności uprawnej w miejscach wystąpowania pozostałości dawnej zabudowy; strzałki wskazują rośliny, które mają lepsze warunki wegetacyjne związane z rodzajem podłoża, tj. wypełniska danego obiektu (E)



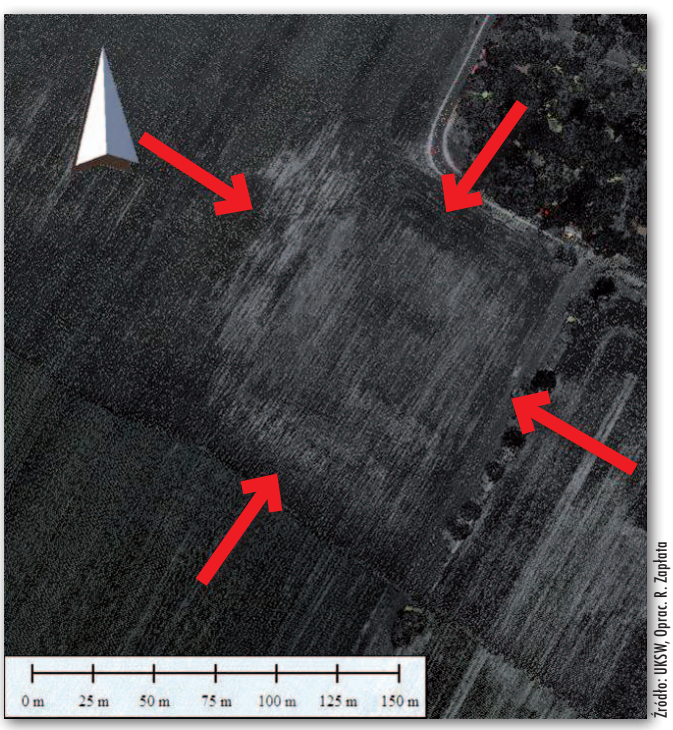
Rys. 5. Przykładowe zróżnicowanie zarejestrowanych odbić wiązki lasera (okolice Pakosławia, woj. mazowieckie)

Dodatkową informację dostarczają klasy odnoszące się do pokrycia terenu (elementy NMPT). Zróżnicowanie wysokościowe roślinności dla terenu płaskiego to efekt różnorodnych procesów, w tym bieżącej działalności człowieka, ale także efekt np. zahamowanego wzrostu roślinności w niektórych miejscach. Wynikać to może z występowania pod powierzchnią terenu obiektów archeologicznych stwarzających gorsze warunki wzrostu czy rozwoju systemów korzeniowych. Opisaną sytuację ilustruje rys. 4, gdzie obserwujemy wysokie zagęszczenie punktów na poziomie „grunt" w niektórych miejscach, co wstępnie należy korelować z występującymi pozostałościami zabudowy, jaką znamy ze zdjęć archiwalnych dla tego obszaru. Pozostały teren w okresie wykonywania pomiarów ALS był porośnięty na tyle gęstą i rozwiniętą uprawą, że uniemożliwiła ona gęstszy pomiar gruntu (rys. 4D). Również na NMPT możemy dostrzec wyraźne zróżnicowanie pod względem wzrostu roślinności. W miejscach występowania pozostałości zabudowy roślinność może mieć zróżnicowaną wysokość sięgającą kilku, kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu centymetrów (rys. 4E), co zależy od rodzaju podłoża – rodzaju wypełniska danego obiektu (np. fundament kamienny lub gliniana podłoga). Ten przykład potwierdza, że historyczna zabudowa przetrwała w postaci obiektów archeologicznych może być dodatkowo rozpoznawana również w wyniku analizy NMPT oraz zróżnicowanej gęstości punktów chmury na powierzchni terenu.

Intensywność odbicia powracającej wiązki lasera

Obok analizy i interpretacji zasobów zabytkowych, zwłaszcza archeologicznych na podstawie danych trójwymiarowych, analiz i przetworzeń NMT, istnieje dodatkowa możliwość detekcji zabytków – „czwarty wymiar" ALS. Podczas tego typu pomiarów urządzenia rejestrują dodatkowy parametr – wartość intensywności odbicia powracającej wiązki lasera (*intensity*), która – jak się okazuje – może być wykorzystana w detekcji zabytków, a przynajmniej może stanowić element uzupełniający i wspierający procesy interpretacyjne.

Przeanalizujmy zatem sytuację, w której z danych ALS możemy odczytywać zjawiska dotyczące paleośrodowiska czy obiektów archeologicznych na bazie rejestracji intensywności odbicia powracającej wiązki. Rysunek 5 ilustruje zróżnicowanie intensywności, które obserwujemy w odniesieniu do różnych współczesnych powierzchni, jakie są dość często mierzone. Zjawisko zróżnicowanej reakcji światła z odmiennymi powierzchniami również jest przydatne w interpretacji i klasyfikacji nieistniejących już obiektów antropogenicznych i naturalnych, które przetrwały w formie np. obiektów archeologicznych, a posiadają. zróżnicowaną wilgotność w porównaniu z otoczeniem. Na rys. 6 pokazany jest efekt rejestracji intensywności odbicia, która jest odmienna (ma inną wartość) dla miejsc, gdzie w przeszłości istniały np. zabudowania (obecnie teren rolniczy o jednolitej uprawie).



Rys. 6. Różnice intensywności odbicia powracającej wiązki lasera dla pola ornego o jednolitej uprawie; obszar jaśniejszy to warstwy kulturowe będące pozostałością nieistniejącej już zabudowy, obszar ciemniejszy – pole uprawne bez ww. pozostałości (obszar rolniczy w Pakosławiu, woj. mazowieckie)

Podsumowując serię tekstów poświęconych analizie i interpretacji danych ALS [GEODETA 3, 4, 5 i 6/2014 – red.], która oczywiście nie wyczerpuje tematu, należy podkreślić ich wielorakie zastosowanie w badaniu i ochronie dziedzictwa kulturowego, zwłaszcza zabytków archeologicznych, a także ogromny potencjał, który może przyczynić się do nieinwazyjnego inwentaryzowania oraz rozpoznawania zasobów zabytkowych w naszym kraju.

Rafał Zapłata
Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie
Agnieszka Ptak
MGGP Aero